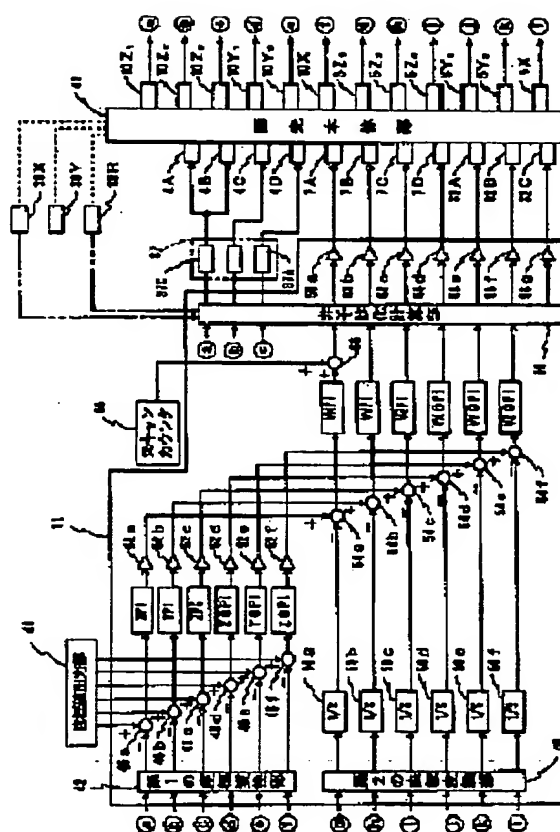


Patent number:	JP9326362
Publication date:	1997-12-16
Inventor:	OSAKI TATSUYA
Applicant:	NIKON CORP
Classification:	
- international:	H01L21/027; F16F15/02; G05D19/02
- european:	
Application number:	JP19970074590 19970311
Priority number(s):	

Abstract of JP9326362

SOLUTION: When the stage is moved, a vibration suppressing base at an aligner body section 40 is inclined and vibrated due to shift of the center of gravity. A noninterfering calculating section 56 switches the positional gain through a pneumatic control section 37 depending on the inclination of the vibration suppressing base to control the flow rate of the air being fed to vibration suppressing pads 4A-4D. Substantially simultaneously with the flow rate control of the air, a controller 11 controls driving of actuators 7A-7D, 32A-32C to suppress the vibration based on the outputs from six displacement sensors 10 and six vibration sensors 5. Since the inclination of the vibration suppressing base can be corrected totally or partially by the vibration suppressing pads 4A-4D, the thrust to be generated from the actuators 7A-7D can be suppressed correspondingly resulting in suppression of heat generation.



2005/06/09

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-326362

(43)公開日 平成9年(1997)12月16日

(51)Int.Cl. ^a	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 0 3 F
F 1 6 F 15/02		8919 -3 J	F 1 6 F 15/02	A
G 0 5 D 19/02			G 0 5 D 19/02	D

審査請求 未請求 請求項の数7 FD (全 16 頁)

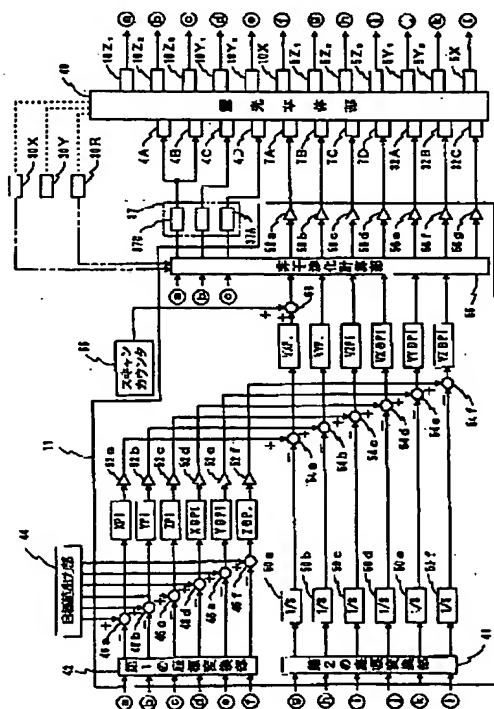
(21)出願番号	特願平9-74590	(71)出願人	000004112 株式会社ニコン 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(22)出願日	平成9年(1997)3月11日	(72)発明者	大崎 達哉 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株 式会社ニコン内
(31)優先権主張番号	特願平8-110280	(74)代理人	弁理士 立石 篤司 (外1名)
(32)優先日	平8(1996)4月5日		
(33)優先権主張国	日本(JP)		

(54) 【発明の名称】 除振装置及び露光装置

(57) 【要約】

【課題】 ステージ移動に伴う本体重心位置移動の影響を受けず、外乱振動の抑制効果を維持し、しかも、環境温度の変動を抑える。

【解決手段】 ステージが移動すると、重心位置の移動により露光本体部40の除振台が傾斜するとともに振動する。非干渉化計算部56では除振台の傾き量に応じて空圧制御部37を介し、位置ゲインを切り替えて、除振パッド4A〜4Dに供給される空気流量を制御する。また、上記空気流量制御とほぼ同時に制御装置11では6つの変位センサ10及び6つの振動センサ5の出力に基づいて振動を抑制するようにアクチュエータ7、32を駆動制御する。従って、除振パッドにより除振台の傾きの全部又は一部を補正できるので、その分アクチュエータで発生すべき推力を抑制することが可能になり、その発熱が抑制される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも3個の空気式除振パッドを介して水平に保持された除振台と；前記除振台上で移動する少なくとも1つのステージと；前記除振台を異なる箇所から鉛直方向に駆動する少なくとも3つのアクチュエータを含む複数のアクチュエータと；前記除振台の変位を検出する1又は2以上の変位センサと；前記除振台の振動を検出する1又は2以上の振動センサと；前記変位センサおよび振動センサの出力に基づいて前記除振台の振動を抑制するように前記各アクチュエータを駆動制御する第1制御系と；前記除振台の位置制御ループのゲインが可変な空圧制御回路を有し、前記ステージ移動時の重心位置の移動により生じる前記除振台の傾き量に応じて前記位置制御ループのゲインを切り替えて、前記除振パッドに供給される空気流量を制御する第2制御系とを有する除振装置。

【請求項2】 前記第2制御系は、前記空圧制御回路による除振パッドに対する空気流量の制御により前記除振台の傾き補正を行なうとともに低い周波数成分の振動を除去し、

前記第1制御系は高い周波数成分の振動のみを前記アクチュエータを用いて除去するような制御を行なうことを特徴とする請求項1に記載の除振装置。

【請求項3】 前記除振台の傾き量の補正及び制振の際に、前記各アクチュエータに発生させる推力又は前記各アクチュエータに流れる電流を一定とする制御回路を更に有する請求項1に記載の除振装置。

【請求項4】 前記各除振パッドと前記空圧制御回路との間に、バッファタンクを介在させたことを特徴とする請求項1又は2に記載の除振装置。

【請求項5】 少なくとも3個の空気式除振パッドを介して水平に保持された除振台と；前記除振台上で移動する少なくとも1つのステージと；前記除振台を異なる箇所から鉛直方向に駆動する少なくとも3つのアクチュエータを含む複数のアクチュエータと；前記除振台の変位を検出する1又は2以上の変位センサと；前記除振台の振動を検出する1又は2以上の振動センサと；前記変位センサおよび振動センサの出力に基づいて前記除振台の振動を抑制するように前記各アクチュエータを駆動制御する第1制御系と；前記各除振パッドに供給される空気流量を制御するための空圧制御回路を有し、前記除振台の傾きを補正する第2制御系と、前記各除振パッドと前記空圧制御回路との間に介在されたバッファタンクとを有する除振装置。

【請求項6】 前記空圧制御回路は、空気路上に配置された微小な径を持つオリフィスと、この空気路内の圧力を設定するレギュレータと、前記空気路の開閉を行なう電磁弁とをそれぞれ備えた給気側回路及び排気側回路とを有することを特徴とする請求項5に記載の除振装置。

【請求項7】 マスクに形成されたパターンを投影光学

系を介して基板ステージ上の感光基板に転写する露光装置であって、

請求項1～6のいずれか一項に記載の除振装置を露光本体部の除振装置として具備することを特徴とする露光装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、除振装置及び露光装置に係り、更に詳しくは、除振台の振動を打ち消すようにアクチュエータにより除振台を駆動するいわゆるアクティブ方式の除振装置及びこの除振装置を備えた露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影型露光装置、即ちいわゆるステッパ等の精密機器の高精度化に伴い、設置床から定盤（除振台）に作用する微振動をマイクロGレベルで絶縁する必要性が生じている。除振装置の除振台を支持する除振パッドとしてはダンピング液中に圧縮コイルバネを入れた機械式ダンパや空気式ダンパ等種々のものが使用され、除振パッド自体がある程度のセンタリング機能を備えている。特に、空気式ダンパを備えた空気バネ除振装置はバネ定数を小さく設定でき、約10Hz以上の振動を絶縁することから、精密機器の支持に広く用いられている。また、最近では従来のパッシブ除振装置の限界を打破するために、アクティブ除振装置が提案されている。これは、除振台の振動をセンサで検出し、このセンサの出力に基づいてアクチュエータを駆動することにより振動制御を行う除振装置であり、低周波制御帯域に共振ピークの無い理想的な振動絶縁効果を持たせることができるものである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ステッパ等では、大きな加減速を行うXYステージ（ウエハステージ）が除振パッドに保持された定盤上に搭載されており、XYステージの移動と同時に露光装置本体の重心位置が移動する。アクティブ除振装置では、このステージ移動に伴い、本体重心位置が変化したとき、位置制御ループにより初期位置に位置決めをするが、ステージ移動量が大きくなると本体重心位置変化量も大きくなり、本体が傾斜する。本体重心位置変化量の増大に伴い、この傾斜量も大きくなり、これを補正するためにアクチュエータに必要とされる推力も大きくなる。このような除振装置では、アクチュエータより発生する発熱量が大きく、露光装置の置かれている環境の温度変化が大きくなる。この環境の温度変化はXYステージの位置を計測するレーザ干渉計の測定精度に影響を与え、ひいてはステージの位置決め精度等の劣化を招くという不都合があった。

【0004】かかる不都合を改善するための手段として、位置制御ループのゲインを高くすることが考えられるが、このようにすると、位置制御応答性は向上するも

の、床振動を本体に伝えることになって却って除振性能が劣化するので、有効な手段とは成りえない。従って、位置制御応答性をある程度確保しつつ、除振性能を劣化させることなく、しかも環境の温度変化を抑えることができる装置の開発が急務となっていた。

【0005】本発明は、かかる事情の下になされたもので、その目的はステージ移動に伴う本体重心位置移動の影響を殆ど受けることなく、外乱振動の抑制（制振）効果を損なうことなく、しかも、環境温度に対する影響を極力抑えることが出来る除振装置及びこれを備えた露光装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、少なくとも3個の空気式除振パッドを介して水平に保持された除振台と；前記除振台上で移動する少なくとも1つのステージと；前記除振台を異なる箇所へ鉛直方向に駆動する少なくとも3つのアクチュエータを含む複数のアクチュエータと；前記除振台の変位を検出する1又は2以上の変位センサと；前記除振台の振動を検出する1又は2以上の振動センサと；前記変位センサおよび振動センサの出力に基づいて前記除振台の振動を抑制するように前記各アクチュエータを駆動制御する第1制御系と；前記除振台の位置制御ループのゲインが可変な空圧制御回路を有し、前記ステージ移動時の重心位置の移動により生じる前記除振台の傾き量に応じて前記位置制御ループのゲインを切り替えて、前記除振パッドに供給される空気流量を制御する第2制御系とを有する。

【0007】これによれば、ステージが所定の加速度で移動すると、重心位置の移動により除振台が傾斜するとともに振動する。第2制御系では除振台の傾き量に応じて位置制御ループのゲインを切り替えて、除振パッドに供給される空気流量を制御する。ここで、除振台の傾き量はステージの位置を計測する位置計測手段の出力に基づいて予測しても良く、あるいは除振台の鉛直方向の変位を検出する変位センサを用いて検出しても良い。

【0008】また、上記の第2制御系による空気流の制御とほぼ同時に第1制御系では変位センサおよび振動センサの出力に基づいて除振台の振動を抑制するように各アクチュエータを駆動制御する。これにより、除振パッド（及び鉛直方向駆動用のアクチュエータ）により除振台の傾斜が補正されるとともに全てのアクチュエータ（及び除振パッド）により除振台の振動が抑制される。従って、除振パッドにより除振台の傾きの全部又は一部を補正できるので、その分アクチュエータで発生すべき推力を抑制することが可能になり、アクチュエータの発熱が抑制される。

【0009】この場合において、第2制御系では除振台の傾き量に応じて位置制御ループのゲインを切り替えて、除振パッドに供給される空気流量を制御するので、位置制御量の大小に応じて適切なゲインを設定でき、最

適な位置制御応答性が得られる。例えば、制御開始当初高ゲインに設定して除振パッドの高さを目標位置近傍に急速に追い込み、この状態から低いゲインに切り換えることにより、高い位置制御応答性を確保しつつ十分な収束性をも確保することが可能になる。従って、ステージ移動に伴う本体重心位置移動の影響を殆ど受けることがなくなる。

【0010】請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の除振装置において、前記第2制御系は、前記空圧制御回路による除振パッドに対する空気流量の制御により前記除振台の傾き補正を行なうとともに低い周波数成分の振動を除去し、前記第1制御系は高い周波数成分の振動のみを前記アクチュエータを用いて除去するような制御を行なうことを特徴とする。これによれば、アクチュエータは除振台の高い周波数成分の振動のみを抑制すればよいので、アクチュエータより発生する推力を必要最小限に抑えることができ、アクチュエータの発熱を最小限に抑えることができる。

【0011】請求項3に記載の発明は、請求項1に記載の除振装置において、前記除振台の傾き量の補正及び制振の際に、前記各アクチュエータに発生させる推力又は前記各アクチュエータに流れる電流を一定とする制御回路を更に有する。これによれば、アクチュエータの発熱量を一定にすることが可能となり、必要以上の環境温度に対する影響を抑制することができる。

【0012】請求項4に記載の発明は、請求項1又は2に記載の除振装置において、前記各除振パッドと前記空圧制御回路との間に、バッファタンクを介在させたことを特徴とする。これによれば、空圧制御回路から除振パッドに空気を供給する際に、その空気が一旦バッファタンク内に流入した後、除振パッドに供給されるので、バッファタンクの作用により除振パッドの内圧の急激な変化が抑制され、これにより、例えば位置制御ループのゲインを高ゲインから低ゲインに切り換えるときや、空圧制御回路と除振パッドとの間の空気の出し入れを電磁弁等のオン・オフにより行う場合に生ずる可能性のある除振パッドの内圧の急激な変化をも防止することが可能になる。

【0013】請求項5に記載の発明は、少なくとも3個の空気式除振パッドを介して水平に保持された除振台と；前記除振台上で移動する少なくとも1つのステージと；前記除振台を異なる箇所へ鉛直方向に駆動する少なくとも3つのアクチュエータを含む複数のアクチュエータと；前記除振台の変位を検出する1又は2以上の変位センサと；前記除振台の振動を検出する1又は2以上の振動センサと；前記変位センサおよび振動センサの出力に基づいて前記除振台の振動を抑制するように前記各アクチュエータを駆動制御する第1制御系と；前記各除振パッドに供給される空気流量を制御するための空圧制御回路を有し、前記除振台の傾きを補正する第2制御系

と、前記各除振パッドと前記空圧制御回路との間に介在されたバッファタンクとを有する。

【0014】これによれば、ステージが所定の加速度で移動すると、重心位置の移動により除振台が傾斜するとともに振動する。第2制御系では除振台の傾き量を補正すべく、空圧制御回路を介して各除振パッドに供給される空気流量を制御する。これにより、除振台の傾きが除振パッドによって補正されるが、この際、空圧制御回路から空気が一旦バッファタンク内に流入した後、除振パッドに供給されるので、バッファタンクの作用により除振パッドの内圧の急激な変化が抑制される。従って、除振台上のステージにいわゆるトビ等の現象が生ずるのが防止される。なお、除振台の傾き量はステージの位置を計測する位置計測手段の出力に基づいて予測しても良く、あるいは除振台の鉛直方向の変位を検出する変位センサを用いて検出しても良い。

【0015】また、上記の第2制御系による空気流の制御とはほぼ同時に第1制御系では変位センサおよび振動センサの出力に基づいて除振台の振動を抑制するように各アクチュエータを駆動制御する。これにより、除振パッド（及び鉛直方向駆動用のアクチュエータ）により除振台の傾斜が補正されるとともに全てのアクチュエータ（及び除振パッド）により除振台の振動が抑制される。従って、除振パッドにより除振台の傾きの全部又は一部を補正できるので、その分アクチュエータで発生すべき推力を抑制することが可能になり、アクチュエータの発熱が抑制される。

【0016】この場合において、空圧制御回路の構成は種々考えられるが、例えば、請求項6に記載の発明の如く、前記空圧制御回路は、空気路上に配置された微小な径を持つオリフィスと、この空気路内の圧力を設定するレギュレータと、前記空気路の開閉を行なう電磁弁とをそれぞれ備えた給気側回路及び排気側回路とを有する構成にしても良い。このような空圧制御回路によれば、微小な径を持つオリフィスとレギュレータの組み合わせにより、給気側回路及び排気側回路のそれぞれで流量が一定の値に設定され、それぞれの電磁弁のオン・オフにより空気の出し入れが行われる。この場合、微小な径を持つオリフィスを備えていることから、設定流量を小さくすることにより除振パッドに微小量の変位を生じさせるような制御が可能となる。また、電磁弁のオン・オフにより生じ易い除振台上のステージのトビ等の発生はバッファタンクの存在により抑制される。

【0017】請求項7に記載の発明は、マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して基板ステージ上の感光基板に転写する露光装置であって、請求項1～6のいずれか一項に記載の除振装置を露光本体部の除振装置として具備することを特徴とする。これによれば、上記各請求項に記載の発明に係る除振装置の作用・効果により、露光精度が向上する。

【0018】

【発明の実施形態】

《第1の実施形態》以下、本発明の第1の実施形態について、図1ないし図6に基づいて説明する。

【0019】図1には、第1の実施形態に係るステップ・アンド・スキャン型の露光装置100の概略斜視図が示されている。この図1において、設置面としての床上に長方形板状の台座2が設置され、この台座2上に除振パッド4A～4D（但し、図1では紙面奥側の除振パッド4Dは図示せず、図2参照）が設置され、これらの除振パッド4A～4D上に除振台としての長方形の定盤6が設置されている。ここで、後述するように本実施形態では投影光学系PLが使用されているため、投影光学系PLの光軸に平行にZ軸を取り、Z軸に直交する平面内で定盤6の長手方向にX軸を、これに直交する方向にY軸を取る。また、それぞれの軸回りの回転方向を $Z\theta$ 、 $X\theta$ 、 $Y\theta$ 方向と定める。なお、以下の説明において、必要に応じ、図1中のX、Y、Z軸を示す各矢印の示す方向を+X、+Y、+Z方向、これと反対の方向を-X、-Y、-Z方向と区別して用いるものとする。

【0020】除振パッド4A～4Dは、図2にも示されるように、それぞれ定盤6の長方形の底面の4個の頂点付近に配置されている。本実施形態では、除振パッド4A～4Dとして空気式ダンパが使用されている。これらの除振パッド4A～4Dは、図2に示されるように、3つの空圧制御回路37A、37B、37Cを介して制御装置11に接続され、制御装置11では空圧制御回路37A、37B、37Cを介して除振パッド4A～4Dに供給される空気の流量を制御するようになっている。すなわち、空気の圧力により除振パッド4A～4Dの高さを調整できるため、その空気式ダンパは上下動機構の役目をも兼ねている。

【0021】図1に戻り、台座2と定盤6との間に除振パッド4Aと並列にアクチュエータ7Aが設置されている。アクチュエータ7Aは、台座2上に固定された固定子9Aと定盤6の底面に固定された可動子8Aとから構成され、制御装置11（図1では図示省略、図2、図3参照）からの指示に応じて台座2から定盤6の底面に対するZ方向の付勢力、又は定盤6の底面から台座2に向かう吸引力を発生する。他の除振パッド4B～4Dにおいても、除振パッド4Aと同様にそれぞれ並列にアクチュエータ7B～7Dが設置され（但し、図1では紙面奥側のアクチュエータ7C、7Dは図示せず、図3参照）、これらのアクチュエータ7B～7Dの付勢力又は吸引力もそれぞれ制御装置11（図1では図示省略、図2、図3参照）により設定される。アクチュエータ7A～7Dの制御方法については、後述する。

【0022】アクチュエータ7Aは、前記の如く、固定子9Aと可動子8Aとから成り、固定子9Aは、例えば、N極の軸の両側にS極の軸が形成された発磁体によ

り構成され、また、可動子8Aは、N極の軸に遊嵌する内筒、この内筒の外側に巻回されたコイル、及びこのコイルを覆う外筒より構成される。そして、コイルに流れる電流を調整することにより、固定子9Aと可動子8Aとの間に±Z方向の力が発生する。その他のアクチュエータ7B〜7Dもアクチュエータ7Aと同様に構成されている。

【0023】定盤6上には図示しない駆動手段によってXY2次元方向に駆動される基板ステージとしてのXYステージ20が載置されている。更に、このXYステージ20上にZレベリングステージ、 θ ステージ（いずれも図示省略）及びウエハホルダ21を介して感光基板としてのウエハWが吸着保持されている。また、定盤6上でXYステージ20を囲むように第1コラム24が植設され、第1コラム24の上板の中央部に投影光学系PLが固定され、第1コラム24の上板に投影光学系PLを囲むように第2コラム26が植設され、第2コラム26の上板の中央部にレチクルステージ27を介してマスクとしてのレチクルRが載置されている。

【0024】XYステージ20のY方向の移動位置は、位置計測手段としてのY軸用レーザ干渉計30Yによって計測され、XYステージ20のX方向の移動位置は、位置計測手段としてのX軸用レーザ干渉計30X（図1では図示せず、図3参照）によって計測されるようになっており、これらのレーザ干渉計30Y、30Xの出力は不図示のステージコントローラ及び不図示の主制御装置に入力されている。Zレベリングステージは、Z軸方向の駆動及びZ軸に対する傾斜が調整可能に構成され、 θ ステージはZ軸回りの微小回転が可能に構成されている。従って、XYステージ20、Zレベリングステージ及び θ ステージによって、ウエハWは3次元的に位置決めが可能となっている。

【0025】レチクルステージ27は、レチクルRのY軸方向の微調整、及び回転角の調整が可能に構成されている。また、このレチクルステージ27は、図示しない駆動手段によってX方向に駆動されるようになっており、このレチクルステージ27のX方向位置は位置計測手段としてのレチクルレーザ干渉計30Rによって計測され、このレチクルレーザ干渉計30Rの出力も不図示のステージコントローラ及び不図示の主制御装置に入力されている。

【0026】更に、レチクルRの上方には、図示しない照明光学系が配置され、図示しない主制御装置ではレチクルR及びウエハWの相対位置合わせ（アライメント）及び図示しない焦点検出系によるオートフォーカスを行ないつつ、照明光学系からの露光用の照明光ELの下で、レチクルRのパターンの投影光学系PLを介した像をウエハWの各ショット領域に順次露光するようになっている。本実施形態では、各ショット領域の露光に際しては主制御装置によりXYステージ20とレチクルステ

ージ27とがそれぞれの駆動手段を介してX軸方向（走査方向）に沿って所定の速度比で相対走査される。

【0027】前記第1コラム24は、4本の脚部24a〜24d（但し、図1では紙面奥側の脚部24dは図示せず）により定盤6上に接触している。この第1コラム24の上板の上面の+Y方向の端部には、第1コラム24のZ方向の加速度を検出する振動センサとしての加速度センサ5Z₁、5Z₂及び第1コラム24のY方向の加速度を検出する加速度センサ5Y₁、5Y₂が設けられている。また、この第1コラム24の上板の上面の+X方向の端部には、第1コラム24のZ方向の加速度を検出する振動センサとしての加速度センサ5Z₃及び第1コラム24のX方向の加速度を検出する加速度センサ5Xが設けられている。これらの加速度センサ5Z₁、5Z₂、5Z₃、5Y₁、5Y₂、5Xとしては、例えばピエゾ抵抗効果型あるいは静電容量型の半導体式加速度センサが使用される。これらの加速度センサ5Z₁、5Z₂、5Z₃、5Y₁、5Y₂、5Xの出力も制御装置11（図1では図示省略、図2、図3参照）に入力されている。

【0028】また、第1コラム24の上板の+Y方向端部側で-X方向の側面に対向する位置には、第1コラム24のZ方向変位を検出する変位センサ10Z₁、第1コラム24のY方向の変位を検出する変位センサ10Y₁が一体化されて成る変位センサ10Aが配置され、第1コラム24の上板の+Y方向端部側で+X方向の側面に対向する位置には、第1コラム24のZ方向変位を検出する変位センサ10Z₂、第1コラム24のY方向の変位を検出する変位センサ10Y₂が一体化されて成る変位センサ10Bが配置されている。第1コラム24の上板の-Y方向端部側で+X方向の側面に対向する位置には、第1コラム24のZ方向変位を検出する変位センサ10Z₃、第1コラム24のX方向の変位を検出する変位センサ10Xが一体化されて成る変位センサ10Cが配置されている。

【0029】ここで、変位センサ10Z₁、10Z₂、10Z₃、10Y₁、10Y₂、10Xとしては、例えば静電容量式センサや、渦電流変位センサが使用される。前者の静電容量式センサによれば、静電容量がセンサの電極と測定対象物（ここでは、不図示の金属板）間の距離に反比例することを利用して非接触でセンサと測定対象物間の距離が検出される。また、後者の渦電流変位センサによれば、予め絶縁体に巻いたコイルに交流電圧を加えておき、導電性材料（導電体）から成る測定対象に近づけると、コイルによって作られた交流磁界によって導電体に渦電流が発生し、この渦電流によって発生する磁界は、コイルの電流によって作られた磁界と逆方向であり、これら2つの磁界が重なり合って、コイルの出力に影響を与え、コイルに流れる電流の強さ及び位相が変化する。この変化は、対象がコイルに近いほど大き

くなり、逆に遠いほど小さくなるので、コイルから電気信号を取り出すことにより、対象の位置、変位を知る事ができる。この他、背景光の影響を阻止できる構成にすれば、変位センサとしてPSD（半導体光位置検出器）を使用することも可能である。

【0030】変位センサ10Y₁、10Y₂、10Z₁、10Z₂、10Z₃、10Xの出力も制御装置11（図1では図示省略、図3参照）に供給されている。

【0031】第1コラム24の+X方向の側面には、アクチュエータ32Aが台座2に固定された門形の支柱35Aとの間に取り付けられている。アクチュエータ32Aは、前述したアクチュエータ7A～7Cと同様に、支柱35Aに固定された固定子34Aと第1コラム24に取り付けられた可動子33Aとから構成され、制御装置11から可動子33A内のコイルに流れる電流を調整することにより、第1コラム24に対して±X方向に力を与えることができるようになっている。同様に、第1コラム24の上面2箇所可動子33B、33Cが取り付けられ、これら可動子33B、33Cとともにアクチュエータ32B、32Cをそれぞれ構成する固定子34B、34Cが台座2に固定された支柱35A、35Bにそれぞれ固定されている。アクチュエータ32Aと同様に、アクチュエータ32B、32Cにおいても制御装置11から可動子33B、33C内のコイルに流れる電流を調整することにより、第1コラム24に対して±Y方向の力を与えることができるようになっている。制御装置11による、アクチュエータ32A～32Cの制御方法についても後述する。

【0032】ここで、露光装置100の設置時の定盤6の高さ及び水平レベルの調整について、図2を参照しつつ説明する。変位センサ10Z₁、10Z₂、10Z₃で計測された定盤6のZ方向変位（高さ）が制御装置11に伝えられ、これらのデータに基づいて制御装置11では、定盤6の高さを予め設定されている値にすると共に水平レベルを維持するため、3つの空圧制御回路37A～37Cを介して各除振パッドに供給する空気の流れを制御して除振パッドに4A～4Dの高さをそれぞれの高さに設定する。その後、除振パッド4A～4Dの高さはそれぞれの設定値に維持される。これにより、定盤6に歪みが生ずることがなく、定盤6上のXYステージ20の位置決め精度等が高精度に維持される。

【0033】本実施形態の露光装置100では、定盤6、XYステージ20、ウェハホルダ21、第1コラム24、投影光学系PL、第2コラム26、及びレチクルステージ27等により露光本体部40（図3参照）が構成されている。

【0034】次に、この露光本体部40の除振のためのアクチュエータ7A～7D、32A～32C及び除振パッド4A～4Dの制御系について、制御装置11を中心に、図3のブロック図に基づいて説明する。

【0035】制御装置11は、変位センサ10Z₁、10Z₂、10Z₃、10Y₁、10Y₂、10X及び加速度センサ5Z₁、5Z₂、5Z₃、5Y₁、5Y₂、5Xの出力に基づいて定盤6を含む露光本体部40の振動を抑制するようにアクチュエータ7A、7B、7C、7D、32A、32B、32Cを駆動制御する第1制御系としての振動制御系を有している。

【0036】これを更に詳述すると、振動制御系は、変位センサ10Z₁、10Z₂、10Z₃、10Y₁、10Y₂、10Xの出力を図示しないA/Dコンバータをそれぞれ介して入力し、露光本体部40の重心Gの6自由度方向（X、Y、Z、Xθ、Yθ、Zθ：図1参照）の変位量（x、y、z、θ_x、θ_y、θ_z）に変換する第1の座標変換部42と、この第1の座標変換部42で変換後の重心の6自由度方向の変位量（x、y、z、θ_x、θ_y、θ_z）を目標値出力部44から入力される6自由度方向の重心位置の目標値（x₀、y₀、z₀、θ_{x0}、θ_{y0}、θ_{z0}）からそれぞれ減じて6自由度のそれぞれの方向の位置偏差（Δx=x₀-x、Δy=y₀-y、Δz=z₀-z、Δθ_x=θ_{x0}-θ_x、Δθ_y=θ_{y0}-θ_y、Δθ_z=θ_{z0}-θ_z）をそれぞれ算出する6つの減算器46a～46fと、6自由度のそれぞれの方向の位置偏差Δx、Δy、Δz、Δθ_x、Δθ_y、Δθ_zを動作信号として制御動作を行なうPIコントローラから成る6自由度のそれぞれの方向の位置コントローラXPI、YPI、ZPI、XθPI、YθPI、ZθPIと、加速度センサ5Z₁、5Z₂、5Z₃、5Y₁、5Y₂、5Xの出力を図示しないA/Dコンバータをそれぞれ介して入力し、重心Gの6自由度方向の加速度（x''、y''、z''、θ_x'', θ_y'', θ_z''）に変換する第2の座標変換部48と、この第2の座標変換部48で変換後の重心Gの6自由度方向の加速度x''、y''、z''、θ_x'', θ_y'', θ_z''をそれぞれ積分してそれぞれの方向の重心Gの速度x'、y'、z'、θ_x'、θ_y'、θ_z'に変換する6つの積分器50a～50fと、位置コントローラXPI、YPI、ZPI、XθPI、YθPI、ZθPIの出力を速度指令値x₀'、y₀'、z₀'、θ_{x0}'、θ_{y0}'、θ_{z0}'にそれぞれ変換する速度変換ゲイン52a～52fと、この変換後の速度指令値x₀'、y₀'、z₀'、θ_{x0}'、θ_{y0}'、θ_{z0}'から積分器50a～50fの出力x'、y'、z'、θ_x'、θ_y'、θ_z'をそれぞれ減じて6自由度方向のそれぞれの方向の速度偏差（Δx'=x₀'-x'、Δy'=y₀'-y'、Δz'=z₀'-z'、Δθ_x'=θ_{x0}'-θ_x'、Δθ_y'=θ_{y0}'-θ_y'、Δθ_z'=θ_{z0}'-θ_z'）を算出する6つの減算器54a～54fと、6自由度のそれぞれの方向の速度偏差Δx'、Δy'、Δz'、Δθ_x'、Δθ_y'、Δθ_z'を動作信号として制御動作を行なうPIコントローラから成る6自由度のそれぞれの方向の速

度コントローラVXPI、VYPI、VZPI、VX θ PI、VY θ PI、VZ θ PIと、これらのコントローラで演算された6自由度のそれぞれの方向の速度制御量を各アクチュエータの位置で発生すべき速度指令値に変換するための非干渉化演算を行なう非干渉化計算部56と、この非干渉化計算部56で変換後の各アクチュエータの位置で発生すべき速度指令値を各アクチュエータで発生すべき推力にそれぞれ変換する推力ゲイン58a～58gとを有する。

【0037】即ち、本実施形態の振動制御系は、変位センサ、位置コントローラ等を含んで構成される位置制御ループの内側に、その内部ループとして加速度センサ、積分器、速度コントローラ等を含んで構成される速度制御ループを有する多重ループ制御系となっている。

【0038】また、本実施形態において、前記非干渉化計算部56は、変位センサ10Z₁、10Z₂、10Z₃の出力に基づいて、XYステージ20、レチクルステージ27の移動に伴って生じる定盤6の傾きを演算し、その傾きを補正する機能をも備えている。これを更に詳述すると、この非干渉化計算部56では、常時変位センサ10Z₁、10Z₂、10Z₃の出力を直接的にモニタすることにより、定盤6の傾きを演算し（検出し）、定盤6の傾きを除振パッド4A～4Dにより補正するように空圧制御部37を構成する第1ないし第3の空圧制御回路37A～37Cを制御し、前述した非干渉化計算の結果得られるアクチュエータ7A～7Dで発生すべき速度指令値が所定値を超えないようにする機能をも備えている。

【0039】さらに、本実施形態の装置では、スキャンカウンタ66の出力がX方向の速度コントローラVXP1の出力段に設けられた加算器68を介して振動制御系にフィードフォワード入力されている。本実施形態の露光装置100では、ウエハW上のショットを露光する際には、レチクルステージ27とXYステージ20とが走査方向、すなわち、X軸方向に互いに逆向きに同期走査されるが、この際にレチクルステージ27は、1ショットにつき1回、当該レチクルステージ27の可動範囲を端から端までXYステージ20の速度の投影光学系PLの縮小倍率の逆数倍（例えば、4倍又は5倍）の速度で移動し、しかも露光は定速域でのみ行なわれることから、レチクルステージ27は①停止状態から目標速度まで加速、②目標速度を維持、③目標速度から停止状態まで減速の3つの状態遷移を行なうことになり、ステージ27の移動開始直後①及び停止直前③には大きな反力が第2コラム26を介して定盤6に作用し、定盤6を含む露光本体部40に振動が生ずる。そこで、スキャンカウンタ66により、レチクルステージ27の加速度と逆向きの反力の指令値を振動制御系にフィードフォワード入力し、上記のステージ27の移動開始直後及び停止直前の振動を抑制しようとするのである。

【0040】次に、除振パッド4A～4Dの高さを制御するための空圧制御部37について図4に基づいて説明する。

【0041】この空圧制御部37は、手動バルブ101を介して給気路110にそれぞれ接続されるとともに排気路120にそれぞれ接続された第1ないし第3の空圧制御回路37A～37Cを有している。手動バルブ101は供給圧を手動でオン・オフするためのバルブである。

【0042】前記第1の空圧制御回路37Aは、図2紙面左奥側の除振パッド4Dに供給する空気の流量を制御するための回路で、相互に並列な第1回路38aと第2回路38bとを有している。第1回路38aは、給気側の圧力を設定するレギュレータ102Aと、このレギュレータ102Aで設定される空気路内の圧力を検出する圧力センサ104Aと、この圧力センサ104Aが設けられた空気路に配置された2系統の絞り、すなわち微動側の固定絞り106A及び粗動側のスピコン105Aと、固定絞り106A及びスピコン105Aを切り替える（択一的にオン状態にする）3ポート電磁弁107Aと、この電磁弁107Aの固定絞り106Aと反対側に配置され、当該空気路そのものをオン・オフ（開閉）する2ポート電磁弁108Aとを有している。同様に第2回路38bは、排気側の圧力を設定するレギュレータ102aと、このレギュレータ102aで設定された空気路内の圧力を検出する圧力センサ104aと、この圧力センサ104aが設けられた空気路に配置された2系統の絞り、すなわち微動側の固定絞り106a及び粗動側のスピコン105aと、固定絞り106a及びスピコン105aを切り替える3ポート電磁弁107aと、この電磁弁107aの固定絞り106aと反対側に配置され、当該空気路そのものをオン・オフ（開閉）する2ポート電磁弁108aとを有している。第1回路38aと第2回路38bとの合流点には、第1の空圧制御回路37Aの供給圧を検出する圧力センサ103Aが設けられている。

【0043】ここで、固定絞り106A、106aは、ステンレスもしくはルビー等の硬質の素材にレーザ加工等により微細な孔を設けたもので、その孔径は $\phi 50\mu\text{m}$ から $\phi 300\mu\text{m}$ 位のものが使用されているが、これに代えて精密ニードル弁のような可変絞りをを用いても構わない（以下の第2、第3の空圧制御回路において同じ）。

【0044】除振パッド4Dに供給され又は除振パッド4Dから排気される空気の流量はそれぞれの絞りの有効断面積と第1回路（給気側回路）38aと第1の空圧制御回路37Aとの圧力比、第2回路（排気側回路）38bと第1の空圧制御回路37Aとの圧力比とによって決定されるので、レギュレータ102A、102aによる圧力の設定、微動側の固定絞り106A、106a及び

粗動側のスピコン105A、105aの切り替えにより流量は任意に設定可能となる。

【0045】第2の圧力制御回路37Bも、第1の圧力制御回路37Aと同様に、相互に並列な第3回路39aと第4回路39bとを有し、第3回路39aはレギュレータ102B、圧力センサ104B、微動側の固定絞り106B、粗動側のスピコン105B、3ポート電磁弁107B、2ポート電磁弁108Bとを有している。また、第4回路39bは、レギュレータ102b、圧力センサ104b、微動側の固定絞り106b、粗動側のスピコン105b、3ポート電磁弁107b、2ポート電磁弁108bとを有している。また、第3回路39aと第4回路39bとの合流点には、第2の空圧制御回路37Bの供給圧力を検出する圧力センサ103Bが設けられている。

【0046】第3の圧力制御回路37Cも、第1の圧力制御回路37Aと同様に、相互に並列な第5回路40aと第6回路40bとを有し、第5回路40aはレギュレータ102C、圧力センサ104C、微動側の固定絞り106C、粗動側のスピコン105C、3ポート電磁弁107C、2ポート電磁弁108Cとを有している。また、第6回路40bは、レギュレータ102c、圧力センサ104c、微動側の固定絞り106c、粗動側のスピコン105c、3ポート電磁弁107c、2ポート電磁弁108cとを有している。また、第5回路40aと第6回路40bとの合流点には、第3の空圧制御回路37Cの供給圧力を検出する圧力センサ103Cが設けられている。

【0047】第2、第3の空圧制御回路37B、37Cにおいても、第1の空圧制御回路37Aと同様に、レギュレータによる圧力の設定、固定絞り及びスピコンの切り替えにより流量は任意に設定可能となっている。

【0048】また、図4においては、4個の除振パッドのうち手前の2個、すなわち除振パッド4A、4Bを同一の空圧系統で制御する場合を例示したが、空圧制御部37においては、除振パッド4A～4Dに空気を供給する径路は3系統あり、各系統の空圧制御回路を除振パッド4A～4Dに接続する方法（組み合わせ）としては、図5（A）、図5（B）、図5（C）に示されるように種々の変形が可能であり、露光本体部40の重心位置、除振パッド4A～4Dの配置に応じてこれらのいずれかを選択することにより、露光本体部40の傾き量の制御性を最適な状態にすることが可能である。

【0049】また、露光本体部40を支持する除振パッド4A～4Dのそれぞれの内圧は露光本体部40の重量及び重心位置、そして除振パッド4A～4Dの配置により決まる。また、露光本体部40が設定された高さ及び水準にあるとき、除振パッド4A～4Dに必要な圧力は圧力センサ103A、103B、103Cによってモニターすることができる。

【0050】次に、除振パッドに供給する空気流量の調整方法について、説明する。

【0051】前提として、露光本体部40の重量及び重心位置、そして除振パッド4A～4Dの配置に応じて定まる除振パッド4A～4Dに必要な圧力に基づいて固定絞り106A、106B、106C及び106a、106b、106cが選定されているものとする。

【0052】各除振パッドに対する目標供給圧力に応じてレギュレータ102A、102B、102C及び102a、102b、102cを調整する。この調整の際、流量測定を行っても良いが、本実施形態では先に説明したように変位センサ10Z₁、10Z₂、10Z₃、制御装置11内部の非干渉化計算部56、空圧制御部37及び除振パッド4A～4Dによって、定盤6の傾きを全部又は一部補正する位置制御ループが構成されているので、変位センサ10Z₁、10Z₂、10Z₃の出力に基づいて除振パッド4A～4Dの高さ変化速度を求めるようになっている。なお、レギュレータ102A、102B、102C及び102a、102b、102cの調整の際には、圧力センサ104A、104B、104C及び104a、104b、104cのモニター値を目安にするとよい。

【0053】次に、スピコン105A、105B、105C及び105a、105b、105cの調整を行い、粗動側の流量を決定する。

【0054】上記のようにして構成された空圧制御部37によれば、除振パッド4A～4Dに供給する空気の流量制御を粗動、微動の2系統に切り換えることにより、除振台としての定盤6の位置制御ループのゲインを高低2種類の任意の状態に設定することが可能となる。

【0055】図6（A）は高ゲインのみで制御した場合、図6（B）は低ゲインのみで制御した場合を示す。前者の場合目標位置に到達するまでの時間は早い、収束性が悪く不感帯が大きい。一方、後者の場合、目標位置に到達するまでの時間は遅いものの、収束性が良く不感帯が小さい。

【0056】図6（C）には、本実施形態の空圧制御回路37A～37Cを用いて高ゲインから低ゲインに切り換えたときの時間応答例を示す。この図6（C）を、図6（A）、（B）と比較すれば、明らかなように、図6（C）の場合には、位置制御における時間応答を犠牲にすることなく、不感帯を小さくすることが可能となる。

【0057】次に、上述のようにして構成された露光装置100のスキャン露光の際の作用について説明する。

【0058】スキャン露光の際に、XYステージ20、レチクルステージ27がX軸方向に沿って走査されると、露光本体部40の重心が移動し、定盤6を含む露光本体部40が傾斜するが、このときの変位センサ10Z₁、10Z₂、10Z₃の出力が制御装置11を構成する非干渉化計算部56に供給されており、また、変位セ

ンサ $10Z_1$ 、 $10Z_2$ 、 $10Z_3$ 、 $10Y_1$ 、 $10Y_2$ 、 $10X$ 、加速度センサ $5Z_1$ 、 $5Z_2$ 、 $5Z_3$ 、 $5Y_1$ 、 $5Y_2$ 、 $5X$ の出力も制御装置11の振動制御系に供給されている。

【0059】非干渉化計算部56では、変位センサ $10Z_1$ 、 $10Z_2$ 、 $10Z_3$ の出力に基づいて定盤6の傾斜を演算し、この傾斜を補正するため、除振パッド4A～4Dに供給する空気流量を制御する。この際に、非干渉化計算部56では前述したゲインの切り換えを行ない、除振パッド4A～4Dの高さ制御の応答性を高くするとともに、不感帯を小さくして十分な収束性を確保する。

【0060】これにより、除振パッド4A～4Dによって定盤6を含む露光本体部40の傾斜が大部分（または全部）速やかに補正されるようになる。また、ステージ20、27の移動による露光本体部40の重心移動に伴う振動は、変位センサ $10Z_1$ 、 $10Z_2$ 、 $10Z_3$ 、 $10Y_1$ 、 $10Y_2$ 、 $10X$ 、加速度センサ $5Z_1$ 、 $5Z_2$ 、 $5Z_3$ 、 $5Y_1$ 、 $5Y_2$ 、 $5X$ の出力に基づいて制御装置11によりアクチュエータ7A、7B、7C、7D、32A、32B、32Cが駆動制御され、効果的に抑制される。この際に、定盤6を含む露光本体部40の傾斜の残りがアクチュエータ7A、7B、7C、7Dによって補正される。

【0061】従って、定盤6を含む露光本体部40の振動は、ステージ20、27の移動による露光本体部40の重心移動による影響を殆ど受けることなく、効果的に抑制される。また、除振台の傾き量の大部分が除振パッドに供給する空気流量の制御により補正されるので、アクチュエータ7A、7B、7C、7Dのみによって露光本体部40の振動とともにその傾斜をも補正する場合に比べて、アクチュエータ7A、7B、7C、7Dに必要とされる推力が抑制され、これによりアクチュエータ7A、7B、7C、7Dの可動子のコイルに流れる電流が必要最小限となり、発熱量を著しく抑制することが可能となる。従って、露光装置100の置かれた環境の温度変化が抑制される。

【0062】また、スキャン露光の際のレチクルステージ27の移動開始直後及び停止直前の振動もスキャンカウンタ66からの指令値のフィードフォワード入力により抑制される。

【0063】ここで、アクチュエータ7A、7B、7C、7Dで発生すべき推力を最小限に抑制するという意味では、非干渉化計算部56では、空圧制御部37を構成する空圧制御回路37A～37Cによる除振パッド4A～4Dに対する空気流量の制御により定盤6の傾き補正を行なうとともに低い周波数成分の振動をも除去するようにすることが望ましく、この場合には、振動制御系により高い周波数成分の振動のみをアクチュエータを用いて除去するような制御がなされることになる。

【0064】これまでの説明から明らかなように、本第1の実施形態では変位センサ $10Z_1$ 、 $10Z_2$ 、 $10Z_3$ 、非干渉化計算部56、空圧制御回路37A～37Cによって第2制御系が構成されている。

【0065】以上説明したように、本第1の実施形態の装置100によると、ステージ20、27の移動時の重心位置の移動により生じる定盤6の傾きが、変位センサ $10Z_1$ 、 $10Z_2$ 、 $10Z_3$ の出力に基づいて制御装置11の非干渉化計算部56により検知され、当該非干渉化計算部56ではこの定盤6の傾きを大部分（または全部）速やかに補正するように、空圧制御回路37A～37Cを介して除振パッド4A～4Cに供給される空気の流量を制御する。この際に、非干渉化計算部56では前述した（図6（C）に示されるような）ゲインの切り換えを行ない、除振パッド4A～4Dの高さ制御の応答性を高くするとともに、不感帯を小さくして十分な収束性を確保する。

【0066】従って、アクチュエータのみにより定盤6を含む露光本体部40の振動とともにその傾斜をも補正する場合に比べて各アクチュエータに必要とされる推力を抑制することが可能となり、結果的に各アクチュエータの発熱量を抑えて露光本体部40の設置環境の温度変化を低減することができ、これにより特にXYステージ20の位置を計測するレーザ干渉計30X、30Yの測定精度の劣化を防止し、ひいてはステージの位置決め精度の向上を図ることができる。

【0067】また、この実施形態の装置100では、各除振パッドの高さ変化速度をそろえることが容易となるため、振動制御性が向上するというメリットもある。

【0068】なお、上記の場合において、レーザ干渉計30X、30Rで計測されたそれぞれのステージ20、27の変位量に基づいてステージ20、27の移動に伴う露光本体部40の重心の移動による定盤6の傾き量を予測することは可能である。

【0069】例えば、第2制御系を構成する非干渉化計算部56に、図3中に2点鎖線矢印で示される如く、レーザ干渉計30X、30Rの出力を供給すればよく、非干渉化計算部56では干渉計30X、30Rの出力に基づいてステージ20、27の移動に伴う露光本体部40の重心の移動による定盤6の傾き量を予測し、これを補正するような指令値を用いて、この影響を相殺するように除振パッド4A～4D及びアクチュエータ7A、7B、7C、7Dをフィードフォワード制御することが可能になる。この場合には、定盤6の傾斜が実際に発生する前にこれを阻止できるので、アクチュエータ7A、7B、7C、7Dに必要とされる推力はさらに小さくでき、アクチュエータ7A、7B、7C、7Dの発熱を一層低減させることができる。

【0070】なお、アクチュエータ7A、7B、7C、7Dより発生する熱量を一定にするという意味では、定

盤6を含む露光本体部40の傾き量の補正及び制振の際に、アクチュエータ7A、7B、7C、7Dに発生させる推力又は各アクチュエータに流れる電流を一定とする制御回路を設ければ良い。具体的には、アクチュエータ7A、7B、7C、7Dの可動子に巻かれたコイルとは別に発熱体としてのコイルを設け、両者に流れる総計の電流値を制御して、総発熱量を一定とすることによりこれを実現できる。このようにする場合には、露光本体部の設置環境の温度が変化するのを効果的に抑制することができる。

【0071】《第2の実施形態》次に、本発明の第2の実施形態を図7ないし図10に基づいて説明する。ここで、前述した第1の実施形態と同一若しくは同等の構成部分については、同一の符号を用いるとともに、その説明を簡略にし若しくは省略するものとする。

【0072】図7には、第2の実施形態に係るステップ・アンド・スキャン型の露光装置200のアクチュエータ7A～7D、32A～32D及び除振パッド4A～4Dの制御系の構成が露光本体部40と共に示されている。また、図8には、露光装置200に係る除振パッド4A～4Dを駆動制御するシステムの概略斜視図が示されており、また、図9には、除振パッド4A～4Dに供給される空気流量を制御するための空圧制御回路37の構成が除振パッド4A～4Dと共に示されている。

【0073】この露光装置200では、図7ないし図9に示されるように、空圧制御回路37Cとこの空圧制御回路37Cによって空気が出し入れされる2つの除振パッド4A、4Bとの間にバッファタンク109A、109Bが設けられ、また、空圧制御回路37Bとこの空圧制御回路37Bによって空気が出し入れされる除振パッド4Cとの間にバッファタンク109Cが設けられ、空圧制御回路37Aとこの空圧制御回路37Aによって空気が出し入れされる除振パッド4Dとの間にバッファタンク109Dが設けられている点に特徴を有する。

【0074】その他の部分の構成等は、前述した第1の実施形態と同一になっている。

【0075】本第2の実施形態の露光装置200によると、前述した第1の実施形態の露光装置100と同等の作用・効果を奏する他、次のような効果も得ることができる。

【0076】すなわち、前述した第1の実施形態の場合には、位置制御ループのゲインが高・低いいずれの場合であっても、空圧制御回路37A～37Cを用いて除振パッド4A～4Dに供給する空気の流量を制御する際に、第1回路38a～第6回路40bを開閉（オン・オフ）する電磁弁108A～108C及び108a～108cをオン・オフするが、これらの電磁弁108A～108C及び108a～108cのオン・オフにより、除振パッド4A～4Dの内圧が急激に変化し（いわゆる脈動が生じ）、除振パッド4A～4Dによって支持される定盤

6上のXYステージ20等いわゆるトビ等が発生することがある。図10（A）には、第1の実施形態における時間応答の一例が示されている。この図10（A）の場合には、電磁弁108A～108C及び108a～108cが所定時間連続的にオン（又はオフ）した後、オフ（又はオン）するような制御が行われた場合が示されており、A点、B点等で偏差が急激に変化していることがわかる。

【0077】これに対し、本第2の実施形態の場合は、空圧制御回路37A～37Cと除振パッド4A～4Dとの間に、バッファタンク4A～4Dが設けられていることから、位置制御ループのゲインが高・低いいずれの場合であっても、空圧制御回路37A～37Cを用いて除振パッド4A～4Dに供給する空気の流量を制御する際に電磁弁108A～108Cがオン・オフされても、除振パッド4A～4Dの内圧が急激に変化するのを抑制することができ、除振パッド4A～4Dによって支持される定盤6上のXYステージ20等いわゆるトビ等が発生し難くなる。図10（B）には、図10（A）と同一の流量制御を行う場合の第2の実施形態における時間応答例が示されている。この図10（B）を図10（A）と比べると、本第2の実施形態の場合の方が、明らかに偏差の変化が緩やかになっていることが分かる。

【0078】なお、上記第1、第2の実施形態では本発明に係る除振装置がステップ・アンド・スキャン方式の走査露光型の投影露光装置に適用される場合について説明したが、本発明の除振装置はステップ・アンド・リピート方式のステッパ等の投影露光装置であっても定盤上をステージが移動するものであるから好適に適用できるものである。ステッパの場合には、一括露光型であるので露光時にはステージは停止しているからスキャンカウンタは不要である。

【0079】また、上記第1、第2の実施形態では、7つのアクチュエータと4つの除振パッドを用いて露光本体部40の6自由度方向の揺れを抑制する場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、定盤（除振台）の傾斜を補正できれば良いので、Z方向のアクチュエータは少なくとも3つ、除振パッドについても少なくとも3つあれば良い。

【0080】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1及び2に記載の発明によれば、ステージ移動に伴う本体重心位置移動の影響を殆ど受けることなく、外乱振動の抑制（制振）効果を低下させることなく、しかも、環境温度に対する影響を極力抑えることが出来るという効果がある。

【0081】また、請求項3に記載の発明によれば、上記効果に加え、アクチュエータの発熱量を一定にすることが可能となり、必要以上の環境温度に対する影響を抑制することができるという効果もある。

【0082】また、請求項4に記載の発明によれば、請

求項1及び2に記載の発明の効果に加え、除振パッドの内圧の急激な変化をも防止することが可能になる。

【0083】また、請求項5及び6に記載の発明によれば、本来の除振性能を損なうことなく、アクチュエータの発熱を抑制し、しかも除振パッドの内圧の変化をも抑制あるいは防止することができる。

【0084】また、請求項7に記載の発明によれば、上記請求項1ないし6に記載の発明に係る除振装置の効果の発揮により、露光精度を向上させることができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態の投影露光装置を示す斜視図である。

【図2】第1の実施形態に係る除振パッドを駆動制御するシステムの概略斜視図である。

【図3】第1の実施形態に係るアクチュエータ及び除振パッドの制御系の構成を示す制御ブロック図である。

【図4】第1の実施形態に係る除振パッドに供給される空気流量を制御するための空圧制御回路の構成例を示す図である。

【図5】(A)、(B)、(C)は、除振パッドに対する空圧制御回路の接続方法の例を示す図である。

【図6】第1の実施形態に係る除振パッドによる位置制御応答例を示す図であって、(A)は高ゲインの場合、(B)は低ゲインの場合、(C)はゲインを切り換えた場合をそれぞれ示す。

【図7】第2の実施形態の露光装置に係るアクチュエータ及び除振パッドの制御系の構成を露光本体部と共に示す図である。

【図8】第2の実施形態に係る除振パッド4A～4Dを

駆動制御するシステムの概略斜視図である。

【図9】第2の実施形態に係る除振パッドに供給される空気流量を制御するための空圧制御回路の構成を除振パッドと共に示す図である。

【図10】第2の実施形態の露光装置の効果を第1の実施形態と対比して説明するための図であって、(A)は比較例として第1の実施形態における除振パッドによる位置制御応答例を示す図、(B)は第2の実施形態における除振パッドによる位置制御応答例を示す図である。

【符号の説明】

4A～4C 除振パッド

5Z₁～5Z₃、5Y₁、5Y₂、5X 加速度センサ(振動センサ)

6 定盤(除振台)

7A～7D、32A～32C アクチュエータ

10Z₁～10Z₃ 変位センサ(第2制御系の一部)

10Y₁、10Y₂、10X 変位センサ

11 制御装置(第1制御系)

20 XYステージ(基板ステージ)

27 レチクルステージ

37A～37C 空圧制御回路(第2制御系の一部)

40 露光本体部

56 非干渉化計算部(第2制御系の一部)

100 露光装置

109A～109D バッファタンク

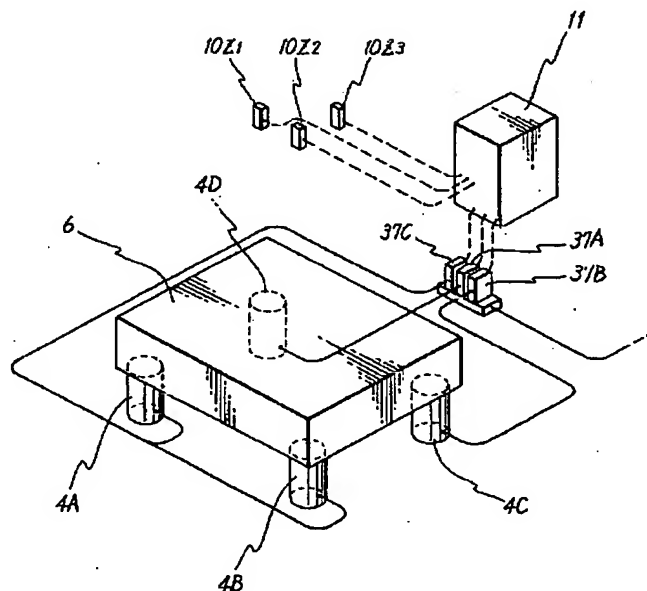
200 露光装置

R レチクル(マスク)

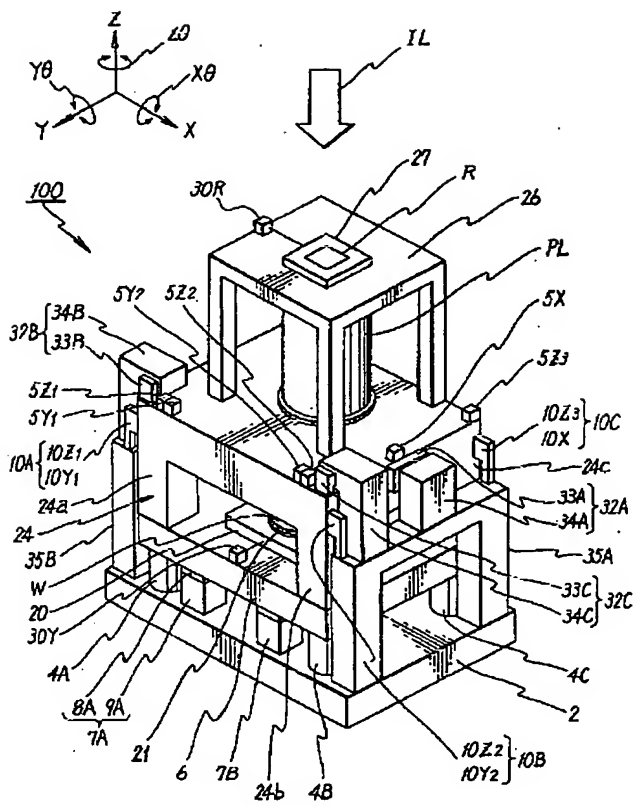
PL 投影光学系

W ウエハ(感光基板)

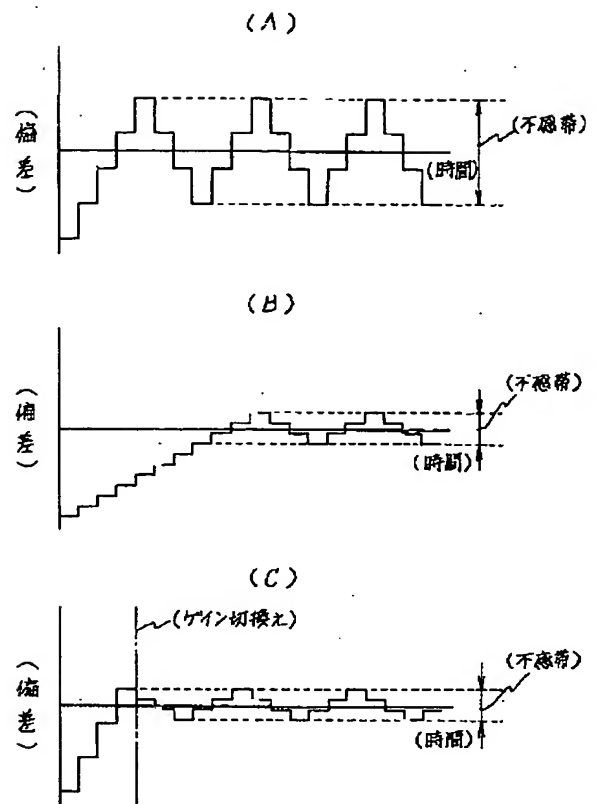
【図2】



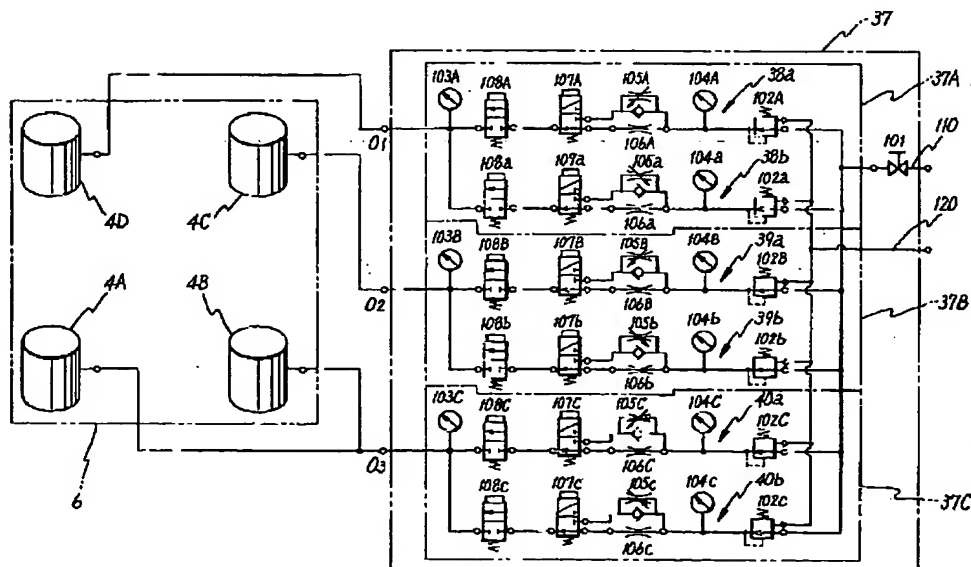
【図1】



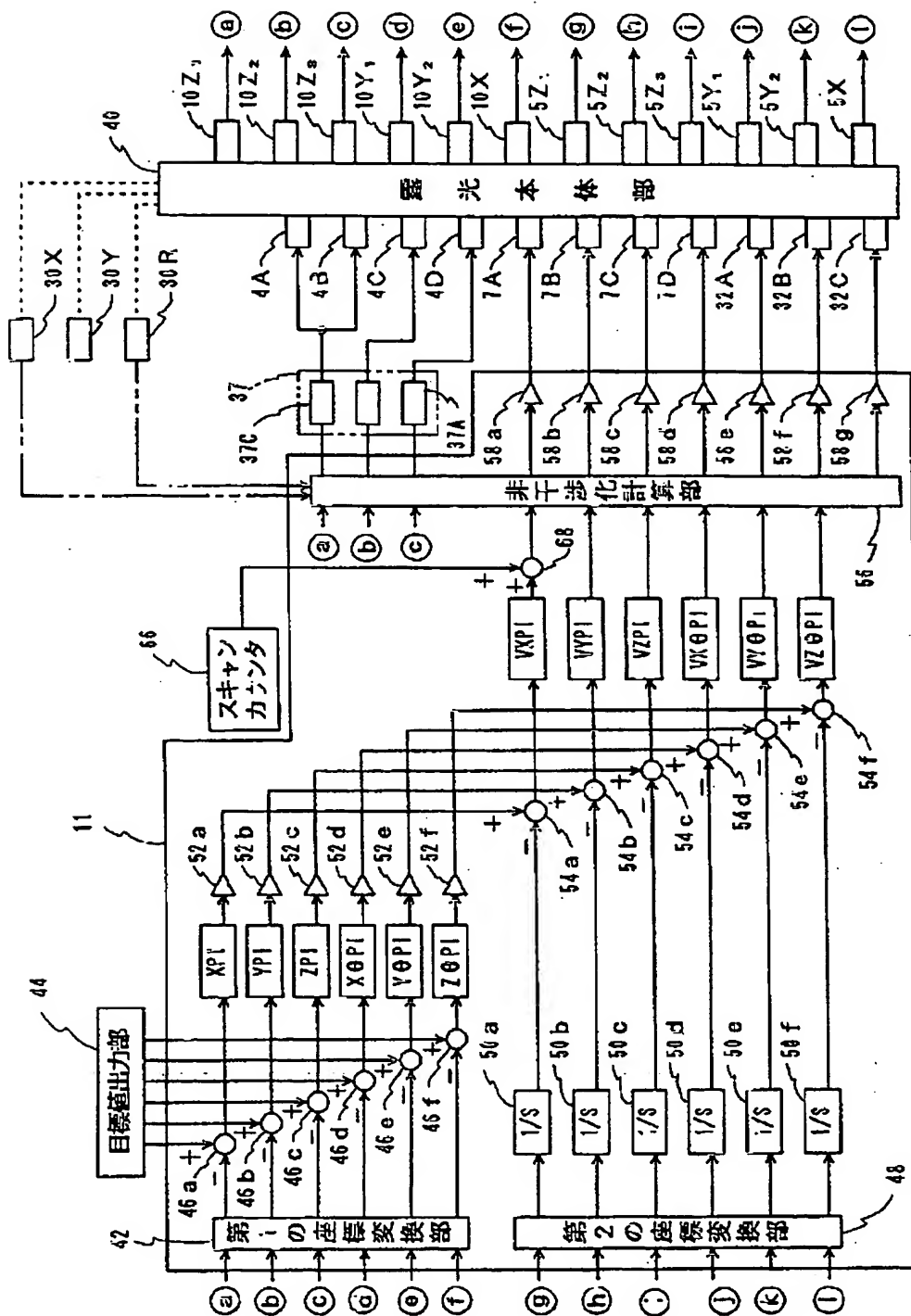
【図6】



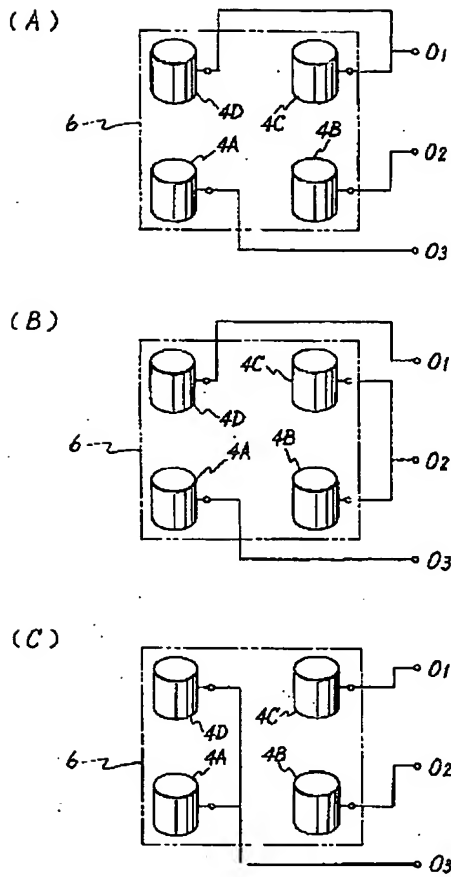
【図4】



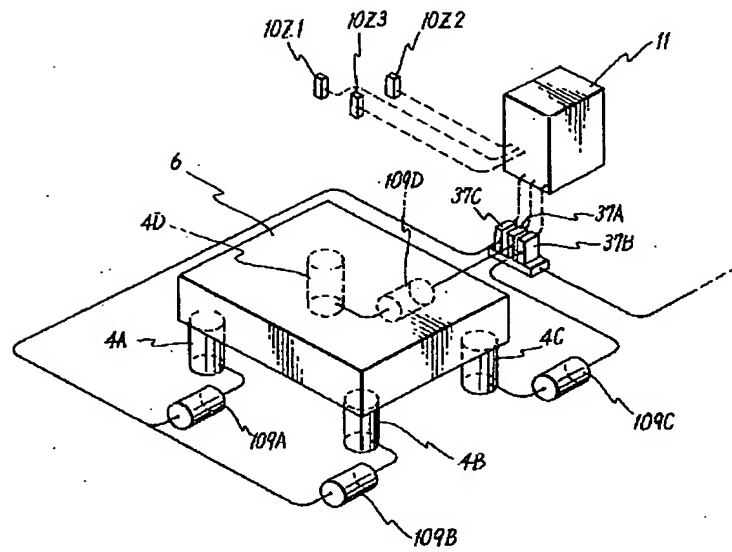
【図3】



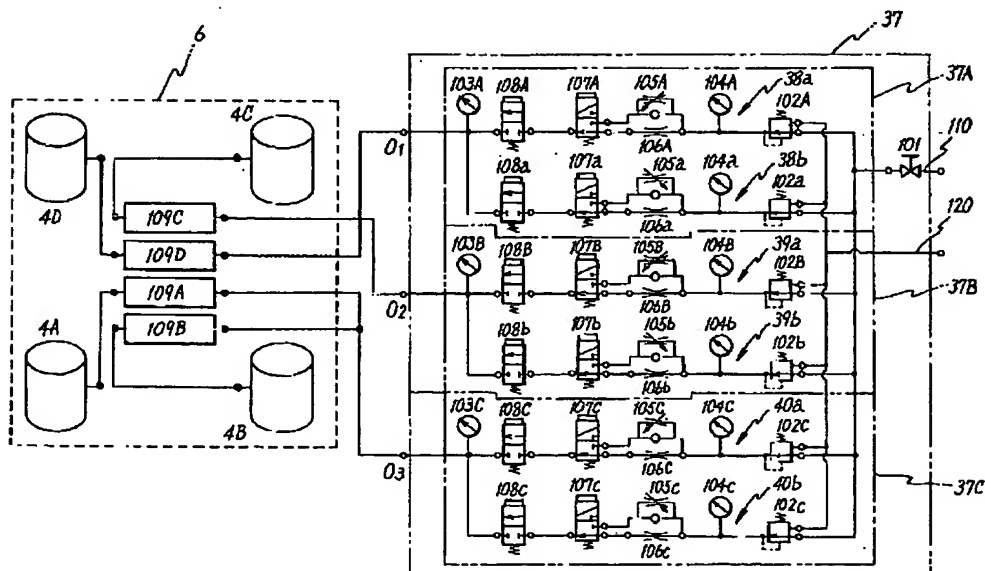
【図5】



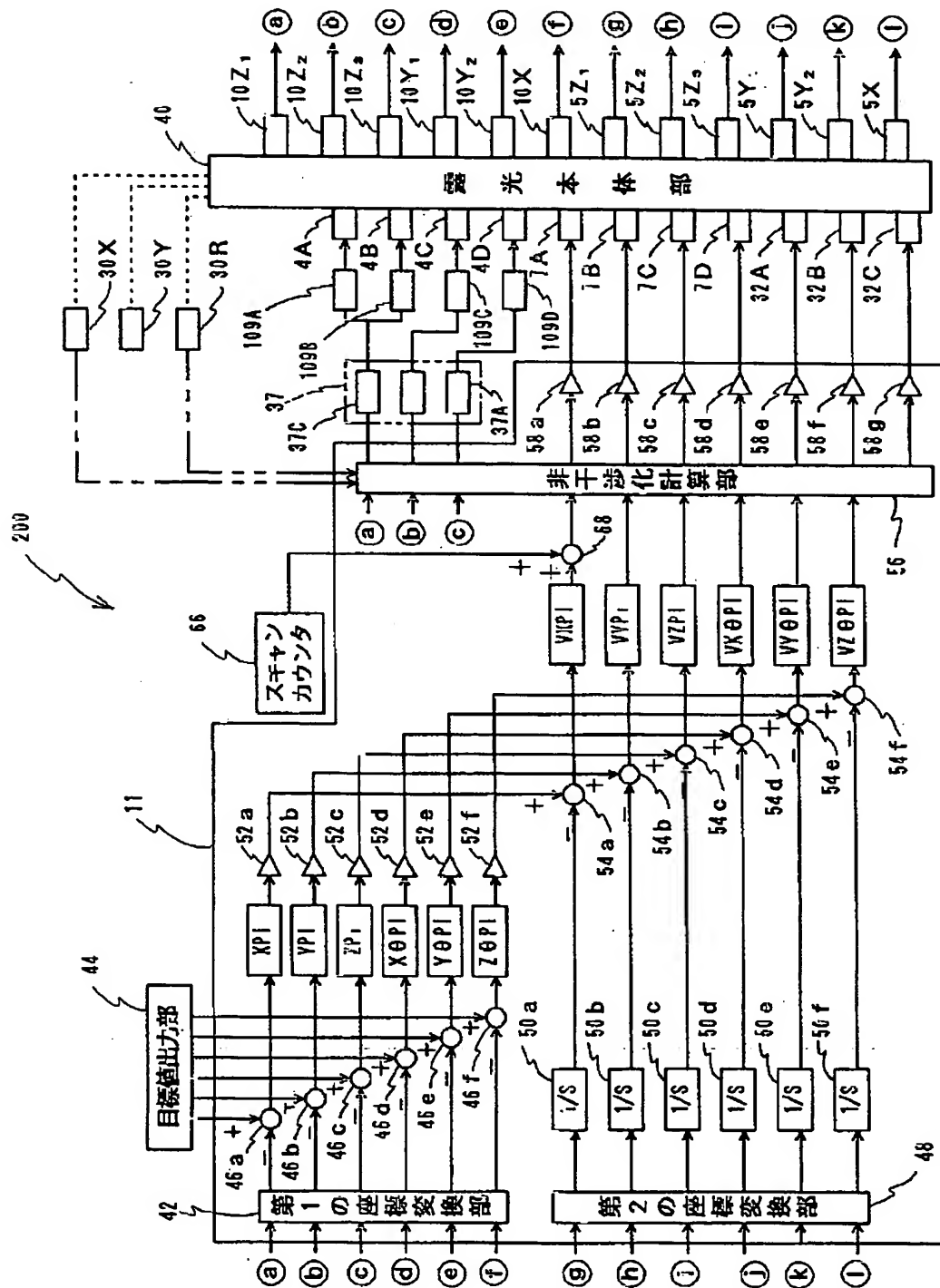
【図8】



【図9】

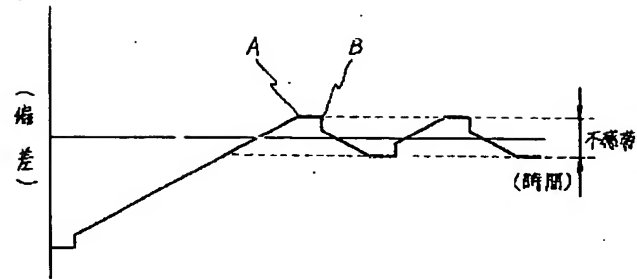


【図7】



【図10】

(A)



(B)

